

ABORDANDO A ISOMERIA EM COMPOSTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS: UMA ATIVIDADE FUNDAMENTADA NO USO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA
(Approaching isomerism in organic and inorganic compounds: activity based on the use of problem situations during initial chemistry teacher training)

José Euzébio Simões Neto [euzebiosimoes@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada
Fazenda Saco, s/n, caixa postal 063, Serra Talhada - PE

Angela Fernandes Campos [afernandescampos@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco - Departamento de Química
Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE

Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior [cristianomarcelinojr@uol.com.br]

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Programa de Pós-Graduação em Educação
Campus Lagoa Seca, Natal-RN

Resumo

Esse estudo procurou investigar: i) a compreensão em isomeria por futuros professores de química no início da sua formação; e ii) a construção do conceito de isômeros após uma abordagem centrada em situações-problema. Foram elaboradas duas situações-problema relacionadas à isomeria (contexto histórico e aplicações medicinais). Um material didático textual desenvolvido para essa finalidade e modelos moleculares concretos foram utilizados como sistema de recursos no processo de resolução das situações-problema (SP's) propostas. Os dados foram obtidos utilizando um questionário, observação de campo e uma entrevista semi-estruturada, e analisados de acordo com as ideias apresentadas por Meirieu (1998). As duas SP's apresentaram obstáculos, transponíveis para apenas alguns dos nove grupos que a responderam. Percebemos o uso não adequado do conceito de isômeros em muitas das respostas consideradas pouco satisfatórias ou insatisfatórias.

Palavras-chave: Situações-problema, Isomeria, Formação de Professores de Química.

Abstract

This study sought investigate: i) the understanding of isomerism by future chemistry teachers during initial training; and ii) the construction of isomer concepts after an approach centered on problem situations (SP's). Two problem situations related to isomerism (historical context and medicinal applications) were elaborated. A textual learning material developed for this purpose and concrete molecular models were used of system resources in the problem situation resolution process. Data were collected using a questionnaire, field observation and semi-structured interview, and analyzed according to the ideas presented by Meirieu (1998). The two SP's had obstacles, transposable to only a few of the nine groups that responded. Inadequate use of the isomer concept was observed in many of the responses considered scarcely satisfactory or unsatisfactory.

Keywords: Problem Situations, Isomerism, Chemistry Teacher Training.

Introdução

O conceito de isômeros é central na química e foi formalizado por Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848) ao afirmar que: “por substâncias isoméricas, eu entendo aquelas que possuem a mesma composição química e o mesmo peso atômico [molecular], mas diferentes propriedades” (Berzelius,

2004). No entanto, a compreensão do fenômeno químico existente entre os isômeros, o isomerismo, só foi possível a partir da implantação de uma teoria estrutural unificadora para a química orgânica, durante o século XIX, e dos fundamentos da química de coordenação e da estereoquímica de compostos inorgânicos, logo no início do século XX. Nesse sentido destacam-se os trabalhos de Alexander Butlerov (1828-1886) para o entendimento da isomeria constitucional, os de Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911) e Joseph-Achille Le Bel (1847-1930) para a estereoisomeria em compostos orgânicos e os de Alfred Werner (1866-1919) para a estereoisomeria inorgânica. (Solomons & Fryhle, 2000; Esteban, 2008)

A possibilidade de isomeria entre as substâncias orgânicas e/ou inorgânicas é uma característica desse fenômeno e está presente na ontogênese do conceito de isômeros. Suprimido no atual ensino de química escolar, o isomerismo envolvendo substâncias inorgânicas foi ponto-chave para a formalização berzeliana: O primeiro envolveu as sínteses de dois compostos diferentes contendo fórmula $AgOCN$: a do fulminato de prata, por Justus von Liebig (1803-1873) e Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850); e a do cianato de prata, por Friedrich Wöhler (1800-1882). O outro episódio foi a síntese da ureia (orgânico) por Wöhler, a partir da isomerização do cianato de amônio, inorgânico (Esteban, 2008).

A indistinção fenomenológica do isomerismo perdeu parte da sua dimensão integradora durante o desenvolvimento do ensino de química. O foco pedagógico direcionou-se à abordagem da isomeria dentro da tradicional divisão curricular entre química inorgânica e orgânica. Em muitas propostas de cursos superiores de química, essa sistematização usualmente proporciona um ensino fragmentado e sem interlocuções entre os conteúdos disciplinares, levando a abordagens diferenciadas do conceito de isômeros dentro dessas áreas de concentração. Apesar de ambas seguirem o principal sistema classificatório que agrupa os diferentes tipos de isomeria em isomeria constitucional e estereoisomeria, na química inorgânica a abordagem limita-se exclusivamente aos compostos de coordenação, ao passo que na química orgânica as diferentes classificações de compostos orgânicos isoméricos têm por base a teoria estrutural. Este último tipo de tratamento tem sido o orientador do ensino e aprendizagem do conteúdo isomeria na disciplina escolar de química no Brasil, reforçado pelos livros didáticos.

A abordagem voltada exclusivamente a compostos orgânicos isoméricos pode contribuir para uma visão reducionista do conceito de isômeros, por restringi-los apenas a determinados grupos de substâncias. Com isso, incorre-se em alguns riscos para as aprendizagens dos alunos e dos próprios professores, que podem contribuir para: i) associação conceitual equivocada; ii) desvalorização das relações históricas e epistemológicas no desenvolvimento desse conceito; e iii) comprometimento de outros importantes aspectos da isomeria, como as características, propriedades e aplicações de complexos inorgânicos isoméricos. A falta de uma visão integradora no ensino e aprendizagem em isomeria também pode reforçar o usual tratamento que marca o ensino e aprendizagem em isomeria: a ênfase aos aspectos representacionais e microscópicos (Raupp *et al.*, 2010), além de tornar desconhecidas as propriedades e aplicabilidades de diferentes isômeros inorgânicos, apontados como um dos mais interessantes aspectos da química de coordenação (Yang & Fang, 2000).

As pesquisas em Ensino de Química tendo a isomeria como objeto de estudo são ainda discretas, quando comparadas a outros conteúdos curriculares, e não têm enfatizado a isomeria envolvendo compostos inorgânicos, com poucas exceções (Queiroz & Batista, 1998; Yang & Fang, 2000). Nessa linha, um maior direcionamento tem sido destinado às relações entre as dificuldades visioespaciais dos estudantes e suas aprendizagens em estereoisomeria (Kurbanoglu, Taskesenligil & Sozbilir, 2006). Tal interesse tem sido estimulado principalmente pelos resultados das pesquisas que expõem as dificuldades de alunos e professores de diferentes níveis de ensino em estereoquímica, que é considerada um tópico conceitualmente difícil da química por conta da abordagem tridimensional (Raupp, Serrano & Moreira, 2009; Pavlinic *et al.*, 2007; Yang & Fang, 2000; Kozma & Russel, 2008). Em torno da estereoquímica, muitos estudos dedicaram-se especialmente às avaliações de estratégias didáticas centralizadas nos usos de modelos moleculares

concretos ou produzidos por *softwares* (Giordan & Gois; 2009; Urhahne, Nick & Schanze, 2009; Wu; Krajcik & Soloway, 2001). Embora seja relatado que a representação bidimensional de isômeros seja geralmente bem dominada pelos estudantes (Raupp *et al.*, 2010), os resultados da pesquisa realizada por Schmidt (1992) contrariam esse pensamento ao mostrar a inclinação desses discentes em associar os isômeros constitucionais a apenas duas de suas classificações. Como argumenta Taber (2001), esse tipo de associação expõe um erro de categorização e, conseqüentemente, a limitação da construção conceitual de isômeros. Adequando-se as discussões de Justi e Ruas (1997, p.27) a essa concepção, verifica-se com esse exemplo o quanto “[...] os alunos não estariam entendendo a química como um todo, mas como pedaços isolados de conhecimento, utilizáveis em situações específicas”.

As problemáticas discutidas até então apontam para a necessidade de maior atenção ao processo de ensino e aprendizagem escolar e aos contextos de formação dos professores de química em torno da isomeria e remetem também à carência de pesquisas nesse sentido. O enfrentamento dos problemas didático-pedagógicos vivenciados na realidade do Ensino Médio deve ser efetuado principalmente através de uma sólida formação do professor, que inclui o domínio do conteúdo específico e das formas de ensiná-los, conforme destacam diferentes estudos nesse sentido (Carvalho, 1992; Longhini, 2008) e as diretrizes curriculares gerais para as licenciaturas (Brasil, 1999). Tal recomendação incide sobre as disciplinas de conteúdo específico e, conseqüentemente, nas experiências didáticas utilizadas pelos formadores de professores de química.

As pesquisas em Didática das Ciências têm destacado o valor do ensino baseado em problemas para a construção do conhecimento científico como uma das possibilidades de se trabalhar o ensino de química nessa perspectiva (Cachapuz, Praia & Jorge, 2004; Silva & Núñez, 2002). Neste cenário, destacamos as estratégias didáticas baseadas na resolução de situações-problema.

O termo situações-problema possui diferentes concepções teóricas, mas usualmente se encontra vinculado às estratégias de ensino voltadas à “Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas” centradas nos alunos e voltadas a desenvolver-lhes mais autonomia e responsabilidade pelas suas aprendizagens, uma colaboração mais efetiva e a motivação intrínseca (Yore & Treagust, 2006). Assim como outras metodologias baseada na resolução de problemas, a sua ênfase está na compreensão conceitual e não na memorização dos fatos e na utilização de contextos problemáticos, reais ou simulados, voltados ao desenvolvimento de competências de alto nível cognitivo e capazes de oferecer um obstáculo aos que tentam resolvê-lo (Silva & Núñez, 2002). Tais contextos devem constituir um desafio intelectual capaz de motivar os alunos, sobre o qual eles terão que trabalhar colaborativamente para resolvê-lo (Chin & Chia, 2004; Praia, Cachapuz & Gil-Perez, 2002). Por isso, sugere-se que os alunos trabalhem em pequenos grupos, intencionando-se também o desenvolvimento de competências de representação e comunicação pelo fato de se estimular a leitura, a escrita e a comunicação das ideias (Leite & Afonso, 2001).

Adotamos como referencial para esta pesquisa as ideias de Meirieu (1998, p. 192), que entende situação-problema como “uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação problema, se dar ao vencer obstáculos na realização da tarefa”.

Segundo Meirieu (1998), a construção do conhecimento utilizando situação-problema deve permitir que os participantes efetuem de maneira adequada as operações mentais, respeitando o raciocínio individual, mas sem renunciar os objetivos de construção do conhecimento comum ao grupo. Devido as suas características, a construção de situações-problema não é fácil, exigindo grande habilidade e competência por parte dos professores-elaboradores. Eles devem selecionar os conteúdos e conceitos a serem abordados, pensar em contextos problemáticos e elaborar as situações de modo a incorporar os obstáculos de acordo com o grau de desenvolvimento cognitivo dos seus alunos. Cabe também aos professores, suscitar o interesse do grupo, assegurando e

deixando acessível os recursos mínimos para as resoluções dos problemas propostos. Por isso, é importante identificar os conhecimentos prévios dos alunos para a aprendizagem dos novos conhecimentos (Chin & Chia, 2004).

Meirieu lança seis características centrais de uma situação-problema (1998, p. 173): i) propõe-se aos sujeitos a realização de uma tarefa; ii) a tarefa só pode ser executada se o obstáculo for transposto; iii) a transposição do obstáculo deve representar um patamar no desenvolvimento cognitivo do sujeito; iv) o obstáculo deve constituir o verdadeiro objetivo de aquisição do educador; v) a tarefa deve apresentar um sistema de restrições a fim de que os sujeitos não executem o projeto sem enfrentar os obstáculos; vi) deve ser fornecido aos sujeitos um sistema de recursos (materiais e instruções) para que eles possam vencer o obstáculo.

As situações-problema podem ser utilizadas para diferentes propósitos, que incluem a avaliação e o aprofundamento das aprendizagens, quando utilizados após ou durante os processos de ensino e aprendizagem respectivamente (Leite & Afonso, 2001). Sob esse olhar, elas podem ser vistas como um método, técnica pedagógica e/ou processo de investigação (Chin & Chia, 2004), conforme assumido nessa pesquisa.

Diante do exposto, este estudo se propôs a investigar: i) a compreensão dos conhecimentos em isomeria por futuros professores de química no início de seus processos formativos em um Curso de Licenciatura; e ii) a construção do conceito de isômeros nos mesmos após uma abordagem centrada na resolução de situações-problema. Nesse sentido, a pesquisa foi realizada na disciplina Química Inorgânica do Curso de Licenciatura em Química da UFRPE (CLQ-UFRPE) durante o segundo semestre letivo do ano de 2008. Os 41 (quarenta e um) licenciandos participantes estudavam no turno da noite, a maioria desempenhando geralmente 8 (oito) horas de atividades laborais diárias.

A disciplina Química Inorgânica faz parte da matriz curricular sendo regulamente ofertada no terceiro período desse curso. A isomeria em compostos de coordenação é um dos itens do seu conteúdo programático.

Metodologia

O processo investigativo foi norteado principalmente pela abordagem qualitativa, devido ao fato deste estudo abranger algumas das recomendações para as pesquisas em Educação (Greca, 2001; Godoy, 1995; Lüdke & André, 1986), a saber:

- i) sobre o estudo em relação ao ensino e aprendizagem em isomeria, considerando-o como um fenômeno complexo e de natureza social;
- ii) o ambiente natural da sala de aula como fonte direta de dados e um dos pesquisadores como personagem participante e indispensável no processo investigativo, nesse caso, um mestrando realizando o seu estágio docente relativo às atividades do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC/UFRPE) na disciplina *locus* da investigação;
- iii) o contato direto e de duração intermediária da pesquisadora e co-autora desse trabalho com os sujeitos da pesquisa e a sua constante preocupação em entender o que se processa no ambiente da pesquisa, por ser também professora dessa disciplina;
- iv) o caráter descritivo adotado, que se preocupa não apenas com o resultado final, mas com todo o processo de investigação, obtenção dos dados e resolução do problema.

Apesar dessa predominância, considerou-se também que a abordagem qualitativa e a quantitativa não são excludentes e se complementam (Greca, 2001), sendo a segunda também utilizada para mensurar as características gerais dos dados coletados e reforçar o tratamento qualitativo dado à interpretação dos dados.

Estratégias metodológicas da pesquisa

Instrumentos da pesquisa

De modo a levantar os dados para atender aos objetivos da investigação, foram elaborados e selecionados os seguintes instrumentos de pesquisa: questionário, texto didático, entrevista, modelos moleculares concretos (manipuláveis); situações-problema envolvendo isomeria.

Questionário

Foi desenvolvido para o levantamento das concepções dos licenciandos sobre o isomerismo e conceitos em isomeria. Apresentava uma abordagem investigativa conjunta sobre a isomeria na Química Orgânica e na Química Inorgânica. Com isso, buscamos reconhecer os conhecimentos prévios do grupo investigado, tanto quanto à forma e conteúdo do pensar individual e coletivo. O questionário apresenta cinco perguntas, cada uma delas vinculada a um objetivo relacionado às situações-problema a serem utilizadas em estudo, conforme mostrado no quadro 1.

Quadro 1. Questões constantes no questionário utilizado na pesquisa e seus respectivos objetivos.

Questão	Objetivo
1. O que você entende por isomeria? Comente.	Levantar quais são as concepções dos estudantes acerca do conteúdo norteador das situações-problema.
2. A isomeria é um fenômeno exclusivo de compostos orgânicos? Justifique.	Verificar se os licenciandos apresentavam uma visão sobre o fenômeno isomeria numa perspectiva mais abrangente na Química.
3. Você conhece algum caso de isomeria aplicada a compostos inorgânicos? Se sim, fale um pouco sobre ele.	Avaliar o reconhecimento da isomeria em compostos inorgânicos e de suas aplicações.
4. O surgimento da isomeria data do século XIX, onde a química experimental teve bastante importância. Como você acha que a descoberta desse fenômeno modificou a forma de pensar dos químicos?	Investigar a associação de questões histórico-epistemológicas às formalizações dos conceitos de isomerismo e de isômeros, relacionando-os à primeira situação-problema a ser utilizada na intervenção didática.
5. Alguns compostos inorgânicos podem ser usados como medicamentos, no tratamento de doenças, tais como o câncer. O conhecimento químico sobre isomeria é importante para esse tipo de desenvolvimento? Comente.	Obter dados sobre o conhecimento da aplicação de compostos de coordenação isoméricos na medicina, relacionando-os à segunda situação-problema a ser utilizada na intervenção didática.

Material Didático Textual sobre isomeria

Elaboramos um texto abordando os conceitos de isomeria de maneira unificada procurando mostrar uma visão mais integradora da isomeria, destacando suas especificidades tanto na química orgânica quanto na inorgânica. O material contemplou tanto a isomeria constitucional (isômeros contendo diferentes sequências de ligações ou distribuições dos átomos em suas moléculas) quanto a isomeria espacial (isômeros contendo mesmas sequências de ligações em suas moléculas, mas com arranjos espaciais diferentes em torno de um dado referencial), discutindo os seus conceitos e diferentes classificações. Nesse sentido e buscando explorar a diversidade existente, os tipos de isomeria foram ilustrados com diferentes exemplos. Por ser um conteúdo novo para a grande maioria dos estudantes, a isomeria constitucional em compostos inorgânicos foi apresentada com maior detalhamento através de exemplos da classificação proposta por Werner em isômeros de ionização, hidratação, de polimerização, de coordenação e de ligação (Lee, 1999). Buscamos configurar um material pouco extenso, mas sólido, bem diagramado e com uma abordagem contextualizada aos aspectos históricos em torno da formalização conceitual dos isômeros, suas classificações e tipificações, decorrentes do didatismo desse conhecimento científico. A estes aspectos articularam-se as características representacionais, teóricas e macroscópicas em torno dos conceitos explorados.

Entrevista

Planejamos uma entrevista, considerando as ponderações de Machado, Maia e Labegalini (2007) ao comentar que vários autores da área de pesquisa social a consideram como um dos principais meios de obtenção de informações e dados em uma pesquisa, pois é mais eficiente que o questionário, visto que as relações pessoais são mais visíveis. Optamos por uma entrevista semi-estruturada, com etapas diretivas vinculadas às perguntas norteadoras, conforme mostrado no quadro 2.

Quadro 2. Etapas diretivas e as perguntas norteadoras da entrevista

Etapas	Ação/Pergunta
1. Avaliação pessoal das respostas às soluções-problema.	Apresentação da ficha com suas respostas aos problemas, dando um tempo para leitura das questões e suas respostas
2. Sondagem em relação ao nível de dificuldade do conteúdo isomeria.	Solicitou-se por parte do entrevistado uma justificativa atribuição de nota de 0 a 10. 1. Sobre isomeria em compostos orgânicos, o que foi apresentado de novo? E com relação aos compostos inorgânicos?
3. Levantamento sobre o papel dos instrumentos didáticos na abordagem da isomeria espacial e no entendimento do isomerismo.	2. De que maneira os materiais didáticos utilizados (texto e modelos moleculares) o ajudaram no entendimento de isomeria dos compostos de coordenação?

<p>4. Avaliação do uso das situações-problema como estratégia didática no ensino de isomeria</p>	<p>3. De que forma a resolução dos problemas contribuiu para a compreensão da isomeria dos compostos de coordenação?</p> <p>4. Baseado na sua resposta na situação-problema II, é possível para você propor uma forma de explicar por que só um dos isômeros se mostrou eficiente?</p> <p>5. O trabalho de resolução de problemas que usamos foi em grupo. Você acha uma boa metodologia ou seria melhor o trabalho individual? Por quê?</p>
--	--

Modelos moleculares concretos

Visando instrumentalizar a abordagem quanto ao grau de abstração e representação microscópica no estudo de conceitos em isomeria e na resolução das situações-problema propostas, resolvemos utilizar, dentro do sistema de recursos disponibilizado, modelos moleculares concretos, tendo em vista as recomendações existentes na literatura para esse tipo de recurso didático (Kurbanoglu, Taskesenligil & Sozbili, 2006). Consideramos que eles podiam desempenhar um importante papel para o entendimento das relações macro-micro das substâncias isoméricas, facilitando a compreensão das ligações químicas e dos arranjos espaciais entre os átomos em cada isômero, em torno da conectividade proporcionada por esses modelos manipuláveis. Nesse sentido, foram utilizados três tipos de modelos moleculares comerciais, a saber: Orbit Molecular Models Kit (mais voltado para compostos inorgânicos, feito com esferas e canudos), HGS Molecular Structure Model Kit (mais direcionado a química orgânica, apresenta também a possibilidade de construção de compostos inorgânicos) e atomlig77 (simples, de uso quase exclusivo para substâncias orgânicas, permite uma melhor visualização das estruturas e de menor custo). A opção de trabalhar com três modelos consiste nas diferenças entre eles: tamanho, conexões mais (ou menos) específicas para grupos de compostos, possibilidade de movimento nas estruturas e possibilidade de visualização das ligações químicas.

Situações-problema

Elaboramos duas situações-problema sobre isomeria, seguindo as orientações propostas por Meirieu (1998). A primeira envolvendo um contexto de história da química, especificamente em relação ao estabelecimento do conceito de isômeros; a segunda contendo uma aplicação medicinal de um composto de coordenação isomérico.

Situação-problema I - História da Isomeria

As origens do estudo químico da isomeria remetem ao século XVIII, quando dois grandes cientistas da época, os alemães Liebig e Wöhler enviam, independentemente, artigos relatando a descoberta de determinado composto de prata (AgCNO) para publicação. Porém, o editor nota que apesar da mesma fórmula proposta nos dois artigos, as propriedades citadas eram bem diferentes. Pensando na estrutura dos compostos, qual explicação você daria?

Esse contexto problemático remete a um importante episódio da história da química. Esses trabalhos de Liebig e Wöhler foram a fonte de uma grande controvérsia entre esses dois cientistas, que foi dizimada com o esclarecimento de Berzelius para a possibilidade de duas substâncias diferentes terem a mesma fórmula química (molecular) (Esteban, 2008).

Situação-problema II - Química Inorgânica Medicinal

Para o tratamento anti-tumoral em pacientes em estado inicial, o diretor-médico de um importante hospital da Região Metropolitana do Recife faz um pedido de determinada substância a um laboratório químico da região, expressando no fax enviado apenas a fórmula “molecular” do composto: $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$. O envio do produto químico foi feito, mas apenas algumas amostras se mostraram eficientes no tratamento da doença. O que pode ter ocorrido?

Esse segundo contexto problemático destaca uma propriedade biológica de um composto inorgânico isomérico. Foi formulada uma situação de isomeria envolvendo os complexos de platina (II), onde o isômero *cis* da $[PtCl_2(NH_3)_2]$, *cis*-diclorodiaminaplatina II ou *cis*platina, é um agente antitumoral enquanto que o isômero *trans* é inativo (Reedijk, 1987). Ela envolve a teoria de coordenação proposta por Werner, trazendo o conceito de afinidade química manifestada pelo elemento central e a formação de uma esfera de coordenação bem definida espacialmente; um modelo estereoquímico capaz de explicar e prever a existência de isômeros espaciais (geométricos e ópticos) nos compostos inorgânicos.

Estudo de familiarização

Um estudo de familiarização foi realizado no período anterior (primeiro semestre de 2008) com uma turma vespertina da disciplina Química Inorgânica, composta por 25 (vinte e cinco) licenciandos. Durante esse estudo, foram realizadas praticamente as mesmas etapas da abordagem seguida na pesquisa com a turma do segundo semestre de 2008.

Percebemos muita dispersão e receio ao erro entre os licenciandos durante à intervenção didática. Creditamos que tais atitudes poderiam estar relacionadas ao fato do pesquisador não ser o professor titular da disciplina, levando ao desconforto apresentado pelos discentes.

As experiências vivenciadas e os resultados obtidos pelas análises dos questionários e das entrevistas serviram para validar o processo. Os instrumentos produzidos estimularam uma reflexão acerca dos aportes teóricos da atividade de uso das situações-problema, de um modo mais específico quanto à idéia de que o professor proponente da atividade deve conhecer o seu aluno para elaborar as situações considerando o desenvolvimento cognitivo dos mesmos. A partir das contribuições desse estudo de familiarização, é apresentado o percurso seguido na intervenção didática.

Intervenção didática

Após o estudo de familiarização, introduzimos um período de adaptação do professor-pesquisador, visando estabelecer uma relação mais próxima entre o pesquisador e os estudantes participantes da pesquisa e diminuir um possível desinteresse por questões relacionadas à falta de afetividade. Tal posição foi adotada com base nas ideias de Meirieu (1998) sobre o planejamento e uso de situações-problema. Nesse sentido, foram ministradas 4 (quatro) aulas, em duas semanas, sobre ligação iônica e introdução aos compostos de coordenação (teoria e prática).

A intervenção didática ocorreu em 2 (dois) encontros consecutivos, no horário das aulas da disciplina. O primeiro encontro de 2 (duas) horas de duração, enquanto que o segundo teve 3,5 horas (três horas e meia). Os encontros foram divididos em 3 (três) momentos, conforme detalhado a seguir.

Primeiro Momento

Iniciamos com a aplicação do questionário, disponibilizando 30 min (trinta minutos) para a sua resolução. Após o recolhimento dos questionários, dividimos a turma em 9 (nove) grupos,

seguinte-se pela entrega das situações-problema para cada grupo. Dúvidas e inquietações dos estudantes foram percebidas e registradas. Em seguida, o texto didático e os modelos moleculares foram distribuídos aos grupos. Eles foram orientados quanto ao uso do texto didático e dos modelos moleculares para a representação de diferentes moléculas (apresentação do sistema de recursos). Depois, organizamos um debate sobre alguns aspectos da temática isomeria, trazendo exemplos de substâncias isoméricas orgânicas e/ou inorgânicas visando proporcionar uma abordagem menos fragmentada.

Segundo Momento

O texto guiou a discussão e a socialização dos conhecimentos acerca do conceito de isomeria. Realizou-se inicialmente uma leitura individual, que durou cerca de meia hora, seguida por uma leitura coletiva, abordando, neste momento, a isomeria constitucional. Conjuntamente, apresentaram-se representações moleculares utilizando os modelos concretos. Com isso, tentamos reforçar a visão microscópica acerca dos fenômenos discutidos.

Terceiro Momento

No segundo dia, retomamos a discussão acerca dos tópicos abordados no dia anterior, ou seja, a leitura do texto. Depois, os mesmos grupos e seus integrantes foram desafiados a dialogarem e solucionarem as duas situações-problema utilizando os conceitos em isomeria. Nesse caso, eles puderam consultar o texto e utilizar os modelos moleculares, mas sem a possibilidade de consulta aos estudantes integrantes de outros grupos.

Coleta de dados

Aplicação do questionário

O questionário foi aplicado no primeiro momento da intervenção didática, conforme relatado.

Observação direta em sala de aula

Durante toda intervenção, o professor-pesquisador manteve-se atento com observação direta sob a aula. A observação buscou acompanhar o processo didático-pedagógico e selecionar alguns estudantes para a etapa de entrevista. O comportamento da turma, com relação a barulho, disciplina e interesse também foram observados, servindo como elemento complementar na análise das respostas as situações-problema. Os registros das observações julgadas pertinentes foram realizados em notas de campo (caderno de aula).

Resoluções das situações-problema

As respostas às situações-problema sobre isomeria foram registradas em ficha específica, disponibilizada para cada grupo.

Entrevista

Com base no interesse demonstrado no processo, no conteúdo isomeria e no uso de situações-problema no ensino de química, ao final do terceiro momento da intervenção didática, 3 (três) estudantes foram escolhidos e convidados a participarem da etapa de entrevista. Eles foram denominados de Laranja, Branco e Rosa. Delimitamos essa quantidade por se acreditar que ela seria suficiente para atingir aos objetivos pretendidos para essa etapa metodológica: identificar dificuldades na compreensão do conceito de isomeria, levantar as opiniões dos mesmos sobre a metodologia de trabalho em grupo e avaliar o papel exercido pelo texto didático e pelos modelos moleculares enquanto instrumentos para facilitar a compreensão conceitual. A ficha contendo a

resposta do grupo às situações-problema do qual o integrante entrevistado fazia parte foi mostrada a ele para que o mesmo pudesse analisar as respostas dadas e se posicionar frente a essas respostas.

Análise dos dados

A análise dos dados se concentrou nas informações obtidas nos momentos da intervenção: resolução do questionário de levantamento de concepções prévias, discussão usando o material didático, resolução das situações-problema e entrevista semi-estruturada, a partir das ideias descritas por Meirieu (1998), sobre situações-problema.

Análise dos questionários

As respostas dadas a cada uma das perguntas do questionário de levantamento das concepções prévias foram agrupadas em 4 (quatro) tipos de classificações, conforme Lacerda (2008): i) Resposta Satisfatória (RS), ii) Resposta Pouco Satisfatória (RPS), iii) Resposta Insatisfatória (RI) e iv) Sem Resposta (SR). O quadro 3 mostra os critérios usados nessa pesquisa para cada uma das perguntas do questionário:

Quadro 3. Critérios utilizados para categorização das respostas ao questionário

Questão	Classificação	Critério para as respostas formuladas
1	RS	Aborda as questões relativas à conexão diferenciada entre mesmos átomos, incluindo o aspecto espacial.
	RPS	Aborda as questões relativas à conexão diferenciada entre mesmos átomos, mas não inclui a análise espacial.
	RI	Respostas fora das duas classificações acima.
2	RS	Resposta “Sim” e a justificativa foi convincente.
	RPS	Resposta “Sim,” mas a justificativa não foi convincente,
	RI	Resposta “Não”. Nesse caso, foi considerada insatisfatória, pois o conceito de isomeria não é restrito a compostos orgânicos.
3	RS	Resposta “Sim” e o exemplo foi convincente e coerente.
	RPS	Resposta “Sim”, mas usando um exemplo não convincente.
	RI	Resposta “Não”.
4	RS	Afirma que a isomeria modificou a forma de pensar dos cientistas e explica de forma coerente o que alicerça sua observação.
	RPS	Afirma que a isomeria modificou a forma de pensar, mas sem justificar.
	RI	Afirma que a isomeria modificou não modificou a forma de pensar dos químicos.
5	RS	Afirma que é importante, com uma coerente justificativa acerca da situação.
	RPS	Afirma que é importante, mas sem justificar.
	RI	Afirma que este conhecimento não é importante.

Algumas das respostas ao questionário foram selecionadas para uma discussão pontual, por serem consideradas pertinentes para esse tipo de abordagem.

Análise do uso do material didático

A partir das observações da utilização do material didático e dos modelos moleculares comerciais pelos licenciandos em seus respectivos grupos, realizamos uma análise descritiva sobre

o interesse e a motivação dos estudantes nas discussões durante a intervenção didática, que reverbera na adequação do sistema de recursos proposto.

Análise das respostas às situações-problema

A análise dos aspectos de aprendizagem nas respostas às duas situações-problema foi feita com base em Meirieu (1998) e no uso de conceitos em isomeria relacionados a novos conhecimentos, mediante os conflitos com os obstáculos existentes em cada uma delas. Nesse sentido, analisamos o uso de conceitos de isomerismo, isômeros, isômeros constitucionais e/ou isômeros espaciais. Nessas duas situações-problema foram elaborados os critérios considerados para a sua resolução e as categorias de análise das respostas produzidas pelos grupos, conforme descrito a seguir.

- Situação-problema I – Deve-se explicar a diferença entre as propriedades de dois compostos inorgânicos de mesma fórmula molecular $AgCNO$ submetidos para a publicação em uma revista no início do século XVIII. Para essa situação-problema, utilizaram-se os seguintes critérios para categorização das respostas:

Resposta Satisfatória (RS) - utiliza corretamente o conceito de isômeros e/ou de isômeros constitucionais para conectar uma relação causa-efeito entre as diferentes propriedades e a fórmula molecular dos dois compostos inorgânicos.

Resposta Pouco Satisfatória (RPS) - procura utilizar o conceito de isômeros e/ou de isômeros constitucionais para conectar uma relação causa-efeito entre as diferentes propriedades e a fórmula molecular dos dois compostos inorgânicos, mas não a explica com clareza.

Resposta Insatisfatória (RI): utiliza erroneamente e/ou não utiliza os conceitos isômeros e/ou de isômeros constitucionais para conectar uma relação causa-efeito entre propriedades e fórmula molecular dos dois compostos.

- Situação-problema II - Deve-se argumentar sobre o problema ocorrido relacionando as ineficiências apresentadas por algumas amostras do produto farmacêutico anti-câncer à possibilidade de também ter sido enviada ao hospital outra substância isomérica. Nessa situação-problema, utilizaram-se os seguintes critérios para categorização das respostas:

Resposta Satisfatória (RS): utiliza corretamente o conceito de isômeros e/ou de isômeros geométricos *cis-trans* para relacionar a falta da atividade biológica exibida em algumas amostras à possibilidade de também ter sido enviada ao hospital outra substância isomérica desse composto inorgânico.

Resposta Pouco Satisfatória (RPS): procura utilizar o conceito de isômeros e/ou de isômeros geométricos *cis-trans* para relacionar a falta da atividade biológica exibida em algumas amostras à possibilidade de também ter sido enviada ao hospital outra substância isomérica desse composto inorgânico, mas não o faz com clareza.

Resposta Insatisfatória (RI): utiliza erroneamente e/ou não utiliza os conceitos isômeros e/ou de isômeros geométricos *cis-trans* para relacionar a falta da atividade biológica exibida em algumas amostras à possibilidade de também ter sido enviada ao hospital outra substância isomérica desse composto inorgânico.

As tarefas em cada situação-problema trazem diferentes possibilidades de exploração do conhecimento científico. Na primeira situação-problema, a tarefa requerida é a explicação, em nível estrutural, da diferença entre os dois compostos de mesma fórmula molecular ($AgCNO$) submetidos

a Berzelius, no ano de 1830, incluindo no aspecto formativo os aspectos histórico-epistemológicos e sua relação com a gênese do conceito de isômeros. Nesse caso, destaca-se tanto a significância do contexto histórico para a (atual) construção conceitual pelos licenciandos quanto lhes propicia uma experiência formativa que estimule o uso da história da química e o ensino por resolução de situações-problema em suas futuras práticas pedagógicas. Na segunda situação-problema, a tarefa requerida envolve a identificação dos motivos para o comportamento discrepante exibido por amostras de “um” composto químico com propriedades anti-tumorais. Remete à possibilidade da utilização de diferentes isômeros de compostos de coordenação de geometria quadrado plana (isômeros *cis-trans*). Dessa forma, explora-se a isomeria em compostos inorgânicos de um modo não usual ao tratamento dado a esse conteúdo durante o Ensino Médio.

Análise dos dados coletados na entrevista

As respostas apresentadas nas entrevistas foram analisadas qualitativamente, caso a caso, visando construir uma idéia geral acerca do pensamento da turma envolvida no processo. Nesse sentido, foram focalizadas as colocações sobre a utilização das situações-problema como estratégia didática no ensino de química em nível superior.

Resultados e discussão

Observamos uma boa participação dos grupos durante os dois momentos vivenciados no primeiro dia da intervenção didática. Os alunos interagiram bastante entre si e com o pesquisador em classe e responderam ao questionário dentro do tempo estipulado.

Análise das concepções prévias

Os resultados iniciais sugeriram que a maioria dos licenciandos entrevistados apresentava dificuldades na compreensão dos conceitos de isômeros. Além disso, também para a maioria deles, os resultados indicaram para um desconhecimento da possibilidade de isomeria envolvendo substâncias inorgânicas. A análise sobre os conhecimentos dos licenciandos quanto a conceitos desse conteúdo realizada a partir das suas respostas ao questionário está sistematizada na tabela 1 e será discutida em seguida.

Tabela 1. Análise das concepções prévias dos licenciandos sobre isomeria

Questão	Resposta (%)			
	RS	RPS	RI	SR
1	22	46	32	0
2	22	53	20	5
3	20	7	43	30
4	15	51	7	27
5	15	40	7	38

RS - Resposta Satisfatória; **RPS** - Resposta Pouco Satisfatória; **RI** - Resposta Insatisfatória; **SR** - Sem Resposta.

Verificamos na tabela 1 que, quanto ao entendimento da isomeria (questão 1), a maioria das respostas (46%) foi classificada como pouco satisfatória (RPS). Em suas respostas, uma pequena parcela dos licenciandos mostrou o conhecimento científico acerca dos conceitos relativos à compreensão desse conteúdo. Constatamos dentro das respostas não consideradas satisfatórias (RI) uma visão reducionista da isomeria à uma de suas classificações, a isomeria constitucional, além da falta da formação do conceito de isômeros. Nesse último caso, percebemos a falta de domínio das características necessárias e suficientes contidas na definição do conceito, como perceptível nessas duas respostas que erroneamente incluem a massa molecular ao invés da fórmula molecular como critério conceitual:

“São compostos que tem a mesma massa molecular e estruturas diferentes”.

“Compostos químicos que apresentam a mesma massa molar”.

Um menor percentual de licenciandos (22%) novamente apresentou respostas satisfatórias (RS), quando perguntados sobre a exclusividade do fenômeno do isomerismo aos compostos orgânicos, conforme indicado na tabela 1. Nesses casos, a maioria utilizou como exemplo o ZnS (sulfeto de zinco), que mediante modificação na estrutura do cristal, pode ser chamada de blenda ou wurtzita. A maioria, apresentou respostas pouco satisfatórias ou insatisfatórias, conforme exemplo selecionado.

“Eu acho que não. Existem muitos compostos inorgânicos e seria uma injustiça nenhum deles apresentarem o fenômeno da isomeria”.

Pode ser também observado na tabela 1 que um percentual similar dos pesquisados (20%) respondeu satisfatoriamente à questão 3. Ela envolvia a investigação sobre a possibilidade de isomerismo entre compostos inorgânicos, nesse caso, voltada às suas aplicações. Nessas respostas, a maior exemplificação foi relativa à isomeria *cis-trans* em compostos de coordenação quadrado planar, especificamente o caso da cisplatina. Destaca-se nessa questão o alto percentual de alunos que não a responderam (30%) ou que a responderam insatisfatoriamente (43%). Isso traz um indicativo sobre o desconhecimento em relação a aplicação de substâncias inorgânicas isoméricas.

Quanto às interpretações dos licenciandos à importância da formalização dos conceitos de isomerismo e de isômeros contidos na questão 4, apenas 15% ofereceu respostas satisfatórias (tabela 1). A maioria ofereceu respostas pouco satisfatórias ou não respondeu à questão. Talvez, essa constatação seja um indicativo da pouca ênfase à importância da inclusão de aspectos históricos no ensino de química. Isso pode resultar-lhes em uma menor habilidade nos estudantes no desenvolvimento de um pensamento teórico e em um posicionamento mais crítico frente ao caráter histórico-cultural do conhecimento científico, nesse caso, do conhecimento químico. As respostas obtidas nessa questão reforçaram a importância e a escolha dessa temática em uma das situações-problema.

As respostas a última pergunta do questionário (questão 5) reforçam o desconhecimento desses licenciandos na existência e aplicação de substâncias isoméricas inorgânicas (tabela 1). Mais uma vez, um baixo índice dos pesquisados apresentou respostas satisfatórias (15%). A maioria forneceu respostas pouco satisfatórias ou não respondeu à questão, 40% e 38%, respectivamente, sobre a importância de conhecimentos em isomeria quanto à utilização desses tipos de isômeros, nesse caso, como medicamentos anti-cancerígenos.

As respostas do questionário aplicado apontam e ressaltam alguns dos problemas no ensino e aprendizagem de isomeria no Ensino Médio. Nesse aspecto, destacam-se a falta da formação do conceito de isômeros, a sua restrição a compostos orgânicos, a associação do isomerismo a algumas classes de isômeros constitucionais, conforme também verificado no estudo de Schimdt (1994), e a dificuldade em vincular um conceito às questões históricas envolvidas em sua concepção e desenvolvimento. Devido à estreita relação entre o Ensino Médio e à formação de professores,

ressaltamos a necessidade de uma maior consideração por tal problemática durante os processos formativos dos licenciandos.

Os menores percentuais de respostas satisfatórias para as respostas do questionário encontram-se nas duas últimas questões (tabela 1), que são diretamente relacionadas com as temáticas das situações-problema. Diante disso, observamos que na apresentação das situações-problema aos estudantes o obstáculo se constituiu uma realidade para os mesmos. Assim, eles necessitaram de outros investimentos para proporcionar resoluções satisfatórias aos problemas propostos. Por isso, o sistema de recursos disponibilizado (texto e os modelos moleculares) foram bastante utilizados durante a intervenção didática. Os exemplos das moléculas exemplificadas no texto foram representadas através da manipulação dos modelos concretos. Os licenciandos se envolveram na atividade e participaram das discussões estimuladas pelo professor, com a utilização dos dois instrumentos didáticos, que também foram utilizados pelos grupos nas resoluções das duas situações-problema em uma única atividade. Em termos de Meirieu (1998), podemos identificar o obstáculo, que não pode ser superado com o atual estágio de desenvolvimento cognitivo (duas últimas questões), o sistema de restrição (que impossibilita respostas quaisquer aos problemas) e o sistema de recursos.

Análise das respostas às situações-problema

As resoluções das situações-problema ocorridas no segundo dia da intervenção didática variaram de 45 a 110 minutos. Durante esse terceiro momento, observamos uma menor participação em alguns dos componentes dos grupos, levando à interferência do professor-pesquisador na tentativa de estimulá-los. Devido ao tamanho da turma, com mais de 40 (quarenta) participantes, esse tipo de comportamento requer uma maior atenção por parte do professor e é difícil de ser evitado.

A tabela 2 traz uma apresentação da análise das duas situações-problema aplicadas. Conforme observado, a situação-problema I teve uma proporção equitativa entre os três tipos de respostas: satisfatórias (**RS**), pouco satisfatórias (**RPS**) e insatisfatórias (**RI**). Por sua vez, a situação-problema II apresentou uma maior proporção de **RI** e apenas duas **RS**. Dentre os 9 (nove) grupos, apenas um deles desenvolveu respostas consideradas como satisfatórias para as duas situações-problema.

Tabela 2. Análise das respostas das situações-problema propostas aos licenciandos.

Situação-problema	Grupo								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	RS	RS	RS	RPS	RI	RI	RPS	RI	RPS
II	RI	RPS	RS	RI	RI	RS	RI	RPS	RPS

RS - Resposta Satisfatória; **RPS** - Resposta Pouco Satisfatória; **RI** - Resposta Insatisfatória.

Análise das respostas à Situação-Problema I

As duas situações-problema solicitam o uso dos conceitos de isômeros nas elaborações dos argumentos para as suas resoluções. Na primeira delas, verificou-se que os grupos 1, 2 e 3 procederam dessa forma (tabela 2). A seguir, transcreve-se a resposta de um desses grupos que conseguiu explicar a diferença entre as propriedades dos dois compostos inorgânicos de mesma

fórmula molecular AgCNO submetidos para a publicação em uma revista no início do século XVIII.

Grupo 3 - *“Os compostos obtidos por Liebig e Wöhler são isômeros constitucionais, ou seja, apresentam mesma fórmula molecular, mas por seus átomos estarem ligados entre si de modo diferente, eles têm propriedades químicas e físicas diferentes”*.

Esse grupo utiliza corretamente o conceito de isômeros constitucionais para conectar uma relação causa-efeito entre as diferentes propriedades e a fórmula molecular dos dois compostos inorgânicos. Nesse caso, também atribuíram uma classificação apropriada aos isômeros em questão, buscando atributos que o generalizem.

Três outros grupos (4, 7 e 9) apresentaram respostas consideradas pouco satisfatórias (**RPS**) frente à situação-problema 1 (tabela 2). Embora procurassem utilizar o conceito de isômeros e/ou de isômeros constitucionais para conectar uma relação causa-efeito entre as diferentes propriedades e a fórmula molecular dos dois compostos inorgânicos, não explicavam essa relação com clareza, conforme pode ser verificado em uma das respostas.

Grupo 9 - *“Se tratando de estrutura, pode-se dizer que o composto é isômero constitucional porque pode diferir na posição de um dos heteroátomos contidos no composto ressaltando uma grande diferença no arranjo das moléculas que apresentam propriedades diferentes”*.

As respostas consideradas insatisfatórias (**RI**) para a situação-problema 1 foram dadas pelos grupos 5, 6 e 8 (tabela 2), respectivamente, das quais toma-se como exemplo uma em que não há indicação direta do conceito de isômeros ou de isômeros constitucionais.

Grupo 8 - *“Essas diferentes estruturas eram naquele momento o foco de todas as respostas. Pois com estruturas diferentes, obviamente teriam propriedades totalmente diferentes apesar de possuírem os mesmos elementos químicos. Outro fator importante a serem observados nessa estrutura são suas ligações químicas que iam ter uma forte influencia nesta caracterização”*.

Análise das respostas à Situação-Problema II

De acordo com os critérios de análise das respostas à segunda situação-problema, apenas os grupo 3 e 6 a responderam satisfatoriamente (tabela 2), conforme pode ser observado abaixo.

Grupo 3 - *“O Composto deve apresentar isomeria cis-trans. Sendo um deles eficiente no tratamento da doença. Um caso semelhante podemos observar com a talidomida usada por mulheres grávidas para combater o enjôo, mas que uma das suas formas provoca deformação no feto. Hoje a talidomida está proibida”*.

Grupo 6 - *“O complexo de Platina apresenta isômeros, podendo estar na forma cis ou na forma trans. Como não houve a informação de qual tipo de isômero era necessário, ocorreu essa ineficiência do medicamento em algumas amostras do tratamento. Como o complexo de platina na forma cis é que se encontra em medicamentos antitumorais para a terapia, como o “vancel”, devem ter enviado amostras na forma trans deste complexo, o que causou sua ineficiência”*.

Os licenciandos desse grupo utilizaram corretamente o conceito de isômeros geométricos *cis-trans* em argumentos relacionando as ineficiências apresentadas por algumas amostras do produto farmacêutico anti-câncer à possibilidade de também ter sido enviada ao hospital outra substância isomérica inorgânica. Além disso, na resposta do grupo 3, há uma relação a outro tipo de estereoisomeria vinculada a compostos orgânicos, exibindo-se assim uma relação com outros conceitos envolvidos numa problemática similar.

As repostas consideradas parcialmente satisfatórias (**RPS**) para a situação-problema II formuladas pelos grupos 8 e 9 (tabela 2) utilizavam o conceito de isômeros geométricos, mas não o conseguiram relacionar explicitamente à propriedade biológica em questão, segundo compilado abaixo.

Grupo 9 - *“O composto enviado pelo laboratório tem uma estrutura isômera do tipo cis e trans, o que pode ter ocorrido é que um dos isômeros, por exemplo, o cis apresenta atividade compatível com o da doença, fazendo com que essa estrutura expressasse algumas propriedades físico-químicas”*.

A maior quantidade de respostas à situação-problema II foi considerada insatisfatória (**RI**), segundo é mostrado na tabela 1. Nesses casos, os licenciandos utilizaram erroneamente e/ou não utilizaram os conceitos isômeros e/ou de isômeros geométricos *cis-trans* para relacionar a falta da atividade biológica exibida por algumas amostras à possibilidade de também ter sido enviada ao hospital outra substância isomérica desse composto inorgânico. Isso pode ser verificado em uma dessas respostas.

Grupo 5 - *“Pode ter ocorrido o envio de isômeros de polimerização, isto é, compostos com mesma fórmula mínima, mas diferente na proporção atômica, já que nem todas as amostras se mostraram eficientes”*.

Percebemos que as duas situações-problema apresentaram diferentes graus de dificuldades na transposição dos seus obstáculos para os estudantes participantes da pesquisa. Em ambas, as quantidades de **RI** e de **RPS** foram superiores as de **RS**. No entanto, foi possível observar uma dificuldade maior na situação-problema II, a aplicação de diastereoisômeros inorgânicos para fins medicinais. Neste caso, o obstáculo tornou-se intransponível para alguns. Verificamos ainda que o fato da problemática conter uma forma de apresentação diferente da resolução de um simples exercício trouxe uma dificuldade adicional para os licenciandos investigados. Em determinados momentos, os estudantes pareciam desconfortáveis devido ao fato das resoluções exigirem uma forma de pensar diferente da qual eles estavam acostumados, sendo intensificada pela inclusão de substâncias inorgânicas. Tal característica pôde ser observada durante as entrevistas, conforme discutido a seguir.

Análise das entrevistas

Os licenciandos entrevistados concordaram que a discussão e a resolução das situações-problema em grupo auxiliou na compreensão de conceitos em isomeria dos compostos de coordenação. Além disso, para os mesmos, ela foi uma metodologia melhor do que ao trabalho individual para a resolução de problemas. Os principais motivos citados para tal predileção foram: facilidade de comunicação e ajuda mútua, convergência de pensamentos e estreitamento das interações sociais entre os colegas de turma. Nesse sentido, foi recorrente o seguinte pensamento: “duas cabeças pensam melhor do que uma”. Conforme destacado anteriormente, embora tenha sido destacado o valor do trabalho em grupo, alguns componentes não participaram ativamente das resoluções das situações-problema. No entanto, tanto nessa turma quanto em outras turmas do CLQ-UFRPE, observa-se uma menor participação e envolvimento de uma parcela de alunos durante o desenvolvimento das atividades didático-pedagógicas. Dentre outros, o esgotamento físico pela jornada diária de trabalho a que são submetidos e desgaste no deslocamento até a

universidade são apontados pelos professores do curso como fatores possíveis contributivos para tal posicionamento.

Os 3 (três) licenciandos afirmaram já haver estudado os conceitos de isomeria em compostos orgânicos durante o Ensino Médio. Mas, o conhecimento de sua existência em compostos inorgânicos foi uma novidade. De maneira geral, eles consideraram a isomeria um conteúdo difícil quando envolve os compostos de coordenação.

Rosa - “[...] eu não domino o assunto ainda em nível de terceiro grau. E também tenho dificuldade em visualizar em 3D quando está no plano”.

Branco – “[...] Quando envolve a parte inorgânica, ai complica”.

Laranja - “O assunto cria uma bola de neve, vai dificultando, dificultando, e cria toda a complexidade do assunto”.

A dificuldade na visualização tridimensional das moléculas das substâncias isoméricas representadas em um plano (quadro ou papel) foi ressaltada pelos entrevistados. Nesse caso, o trabalho com o texto e com os modelos moleculares foi considerado positivo e interessante, conforme destacado no depoimento dos estudantes, como no exemplo abaixo.

Branco - “Eu tenho problemas em visualização 3D, então os modelos me ajudaram bastante para ‘ver’ as estruturas”.

Dentre os componentes do sistema de recursos, o texto teve os seus objetivos reconhecidos pelos participantes da pesquisa para resgatar o conteúdo trabalhado durante o Ensino Médio (“Serviu para lembrar a parte de química orgânica.” – Branco; Foi “um importante material para acompanhar a aula” - Laranja; “Um resumo para estudar” - Rosa). Porém, apesar dele conter as informações teóricas necessárias para as resoluções das situações-problema, a maioria dos licenciandos não conseguiu explorar plenamente como instrumento didático para esta finalidade. As situações-problema em questão exigiam um tratamento criativo a partir do texto e não uma mera reprodução do seu conteúdo. Esse fato destaca a importância da construção conceitual pelo indivíduo, a sua internalização. Muitos não precisavam memorizar a definição nem a classificação dos isômeros, mas saber aplicá-las. No entanto, dialeticamente, para saber aplicar determinado conceito científico é necessário saber conceituá-lo e isso necessariamente passa pelo domínio de sua definição.

Os licenciandos passaram bastante tempo observando suas respostas ao receberem as suas respectivas fichas contendo as respostas às duas situações-problema. Quando lhes foi perguntado “baseado na sua resposta na situação-problema, você teria como propor uma forma de explicar porque só um dos isômeros se mostrou eficiente?”, apenas Laranja tentou dar uma explicação; .

“Por causa da formação molecular. Por que você vai explicar, um é o cis e o outro é o trans, então estão em posições diferentes, um funcionaria por estar nessa posição e o outro faria uma ligação diferente dos outros elementos da molécula, porque ele é um medicamento. Porque ele sendo um medicamento, ele pode se ligar ao corpo, e se tivesse outra ligação, não teria o efeito”.

Constatamos que nessa resposta não são utilizadas as propriedades necessárias e suficientes do conceito de isômeros geométricos *cis-trans* dentro da argumentação, como também foi observado nas respostas às situações-problema. Assim, ela ainda não pode ser vista como uma explicação que utilize um pensamento teórico subsidiado por conteúdo científico capaz de relacionar a causa-efeito em relação à atividade do produto farmacêutico. Percebemos que na maioria das respostas às duas situações-problema não havia muita clareza na composição dos argumentos. Isso ressalta uma das dificuldades da educação formal em trabalhar o desenvolvimento

de habilidades comunicativas nos alunos. Esse problema também é extensivo ao Ensino Superior e nem sempre é enfatizado durante a formação dos graduandos, inclusive dos futuros professores de química. Uma das formas de se desenvolver essa habilidade é estimular a escrita nos alunos, inclusive em atividades conjuntas, como procuramos efetuar em um dos momentos da intervenção didática realizada nesse estudo.

Considerações finais

Os licenciandos participantes dessa pesquisa apresentaram em sua maioria uma visão restrita da isomeria. Devido ao tradicional tratamento desse conteúdo durante o ensino escolar, constatamos uma vinculação limitada aos compostos orgânicos isoméricos. Conjuntamente, podemos verificar o desconhecimento de questões históricas em torno de sua gênese e desenvolvimento.

O uso das situações-problema no ensino-aprendizagem de isomeria em compostos inorgânicos proporcionou o contato de licenciandos ainda em início de processo formativo com uma estratégia ainda pouco utilizada em disciplinas curricularmente classificadas como de “conteúdo específico”, possibilitando aos mesmos uma abordagem menos fragmentada em torno de um conceito central na química, isômeros.

A oportunidade do tratamento conjunto de aspectos da isomeria em compostos inorgânicos e orgânicos dentro de uma disciplina de Química Inorgânica buscou também dar essa contribuição. Tal posicionamento visou evitar um reducionismo do isomerismo à química orgânica, especialmente durante o Ensino Médio, principal campo de exercício profissional dos futuros professores de química.

As situações-problema também podem ser vistas como oportunidades para o tratamento das questões históricas e filosóficas durante a gênese e o desenvolvimento de um conceito. Além de suas contribuições epistemológicas, elas podem contribuir para a contextualização dos conteúdos e manutenção de um interesse discente durante o processo de ensino e aprendizagem.

Os conceitos em isomeria também necessitam de uma abordagem que articule e facilite a representação tridimensional das moléculas. Nesse caso, é importante desenvolver as habilidades visoespaciais dos estudantes. Conforme utilizado nessa pesquisa, diferentes instrumentos didáticos podem ser utilizados nesse sentido, tais como textos e modelos concretos. Assim como em outras pesquisas, a experiência vivenciada quanto ao desenvolvimento e uso de situações-problema permitiu constatar a sua potencialidade no ensino de isomeria, tanto para a formação conceitual quanto para modificar um pouco o ambiente clássico das salas de aula do ensino superior de química, que comumente se restringem a quadro, transparências e giz/pincel.

Agradecimentos

Ao Curso de Licenciatura em Química da UFRPE-Sede (CLQ-UFRPE) e a CAPES, pela bolsa de mestrado.

Referências

Berzelius, J. J. On the Composition of Tartaric Acid and Racemic Acid (John's Acid from the Vosges Mountains), on the Atomic Weight of Lead Oxide, together with General Remarks on those Substances which have the Same Composition but Different Properties. *Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie*, 19, 1830. In: Cooke, H. A historical study of structures for communication of organic chemistry information prior to 1950. *Org. Biomol. Chem.*, 2, 3179-3191, 2004.

Brasil. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Brasília: Ministério da Educação – MEC, 2001.

- Carvalho, A. M. P. Reformas nas Licenciaturas: A Necessidade de uma Mudança de Paradigma mais do que uma Mudança Curricular. *Em Aberto*, 12, 54, 51-63, 1992.
- Chin, C.; Chia, L. Problem-based learning: using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88, 5, 707-727, 2004.
- Cachapuz, A.; Praia, J.; Jorge, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, 10, 3, 363-381, 2004.
- Esteban, S. Liebig–Wöhler Controversy and the Concept of Isomerism. *Journal of Chemical Education*, 85, 9, 1201, 2008.
- Giordan, M.; GOIS, J. Entornos virtuales de aprendizaje en química: una revisión de la literatura. *Educación Química*, 20, 3, 301-303, 2009.
- Godoy, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração*, 35, 12, 57-63, 1995.
- Greca, I. M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n.1, p. 73-82, 2001.
- Justi, R.S.; Ruas, R.M. Aprendizagem de Química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? *Química Nova na Escola*, 5, 24-27, 1997.
- Kozma, R.B.; Russel, J.; Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena, *J. Res. Sci. Teaching*, 34, 949-968, 1997.
- Kurbanoglu, N.I.; Taskesenligil, Y.; Sozbilir, M. Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 13-21, 2006.
- Lacerda, C. C. A Contribuição de uma Situação-problema na Construção dos Conceitos de Misturas e Substâncias. Recife, 2008. 137 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.
- Lee, J. D. Química Inorgânica não tão Concisa. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1999.
- Leite, L.; Afonso, A. Aprendizagem baseada na resolução de problemas. Características, organização e supervisão. *Boletín das Ciencias*, 48, 253-260, 2001.
- Longhini, M.D. O Conhecimento do Conteúdo Científico e a Formação do Professor das Séries Iniciais do Ensino Fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12, 2, 241-253, 2008.
- Lüdke, M.; André, M.E.D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- Machado, L. M.; Maia, G. Z. A.; Labegalini, A. C. F. B. (Org.). Pesquisa em Educação: Passo a Passo. Marília-SP: Edições M3T, 2007.
- Meirieu, P. Aprender... sim, mas como? 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- Praia, J.; Cachapuz, A.; Gil-Pérez, D. Problema, teoria e observação em ciência: Para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, 8, 1, 127-145, 2002.
- Pavlinic, S.; Buckley, P.; Burns, J.; Wright T. Computing in stereochemistry – 2D Or 3D representations? *In Research in Science Education - Past, Present, and Future*, Amsterdam: Springer Netherlands. (2007).
- Queiroz, Salete Linhares; Batista, Alzir Azevedo. Isomerismo *cis-trans*: de Werner aos nossos dias. *Química Nova*, 21, 2, 193-201, 1998.
- Raupp, D.; Serrano, A.; Moreira, M. A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4, 1, 65-78, 2009.

Raupp, D.; Serrano, A.; Martins, T.; Souza, B. .Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 9 N° 1 18-34 (2010)

Reedijk, J.. The mechanism of action of platinum anti-tumor drugs. *Pure &AppI. Chem.*, 59, 2, 181-192, 1987.

Schimdt, D. J. Conceptual difficulties with isomerism. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 9, 995 – 1003. 1992.

Silva, S. F.; Núñez I. B.. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes - reflexões teóricometodológicas. *Química Nova*, 25, 6B, 1197-1203, 2002.

Solomons, G.; Fryhle, C; *Química Orgânica*. 7 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.

Taber, K. S. Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2, 2, 123-158, 2001.

Urhahne, D; Nick, S.; Schanze, Sascha. The Effect of Three-Dimensional Simulations on the Understanding of Chemical Structures and Their Properties. *Research in Science Education*, 39, 4, 495-513, 2009.

Wu, H.-K.; Krajcik, J. S.; Soloway, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 7, 821-842, 2001.

Yang, Wen-Kuei; FANG, Tai-Shan. Problem-solving in inorganic stereochemistry for novice science major students. *Chemical Education Journal*, 4, 1, 2000.

Yore, L.; Treagust, D. Current realities and future possibilities: Language and science literacy-empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28, 2-3, 291-314, 2006.

Recebido em: 22.09.11

Aceito em: 13.02.14